

①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 101 21 394 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**B 81 B 3/00**

②1 Aktenzeichen: 101 21 394.8  
②2 Anmeldetag: 2. 5. 2001  
④3 Offenlegungstag: 7. 11. 2002

DE 101 21 394 A 1

⑦1 Anmelder:  
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

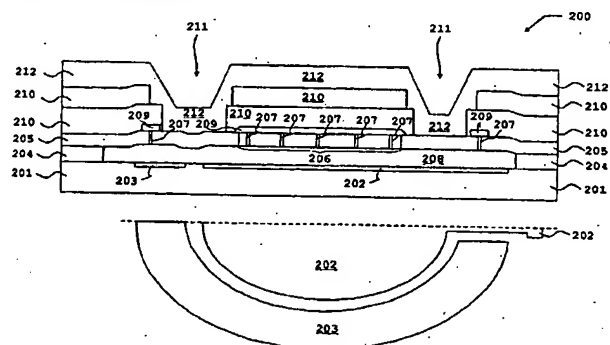
⑦2 Erfinder:  
Junger, Andreas, 72770 Reutlingen, DE; Benzel,  
Hubert, Dr., 72124 Pliezhausen, DE; Eschrich, Heinz,  
Dr., 72762 Reutlingen, DE; Nitsche, Juergen, 72501  
Gammertingen, DE; Schaefer, Frank, Dr., 72070  
Tübingen, DE; Vossenber, Heinz-Georg, 72793  
Pfullingen, DE

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

⑤4 Halbleiterbauelement, insbesondere ein mikromechanischer Drucksensor

⑤7 Die Erfindung betrifft insbesondere ein Halbleiterbauelement, wie insbesondere ein mikromechanischer Drucksensor (200), mit einer Membranelektrode (206), einem unter der Membran befindlichen Hohlraum (208) und einer unter der Membran befindlichen Bodenelektrode (202, 203).

Um die Zuverlässigkeit des Halbleiterbauelements zu erhöhen, ist erfindungsgemäß insbesondere eine aus einer ersten und einer zweiten Elektrode (202, 203) bestehende Bodenelektrode vorgesehen, wobei die zweite Elektrode (203) die erste Elektrode (202) weitgehend umschließt.



DE 101 21 394 A 1

## Beschreibung

## Stand der Technik

[0001] Die Erfindung geht aus von einem mikromechanisch bzw. aus Halbleiterschichten herstellbaren Halbleiterbauelement, wie insbesondere ein kapazitiver Drucksensor.

[0002] Kapazitive Drucksensoren zur Messung von Absolutdruck weisen einen durch zwei Elektroden begrenzten Hohlraum auf, wobei die eine Elektrode durch eine elastische, elektrisch leitende Membran und die andere Elektrode durch eine der elektrisch leitenden Membran gegenüberliegende Kondensatorplatte gebildet ist. Eine Druckdifferenz zwischen dem im Hohlraum herrschenden Druck und dem Außendruck führt zu einer Biegung der Membran und damit zu einer Veränderung des Abstands zwischen der elektrisch leitenden Membran und der dieser Membran gegenüberliegenden Kondensatorplatte. Aus der damit einhergehenden Kapazitätsänderung des aus der elektrisch leitenden Membran und der Kondensatorplatte gebildeten Kondensators wird der auf den kapazitiven Drucksensor einwirkende äußere Druck bestimmt.

[0003] Aus der EP 0 714 017 B1 ist ein kapazitiver mikromechanischer Drucksensor bekannt, dessen Eigenschaften nachfolgend im Zusammenhang mit der Fig. 1 näher erläutert werden.

[0004] Die Aufgabe der Erfindung besteht insbesondere in der Angabe von Maßnahmen, die zu einer Verbesserung der Zuverlässigkeit von bekannten mikromechanischen Halbleiterbauelementen, wie insbesondere Drucksensoren führen.

## Vorteile der Erfindung

[0005] Das erfindungsgemäße Halbleiterbauelement bzw. der erfindungsgemäße mikromechanische Drucksensor mit den kennzeichnenden Merkmalen des betreffenden unabhängigen Patentanspruchs zeichnet sich ggü. bekannten Lösungen durch eine signifikante Verbesserung der Zuverlässigkeit bzw. Langzeitstabilität auch unter rauen Betriebsbedingungen aus.

[0006] Ein wichtiger Aspekt der Erfindung besteht darin, einen mikromechanischen, kapazitiven Drucksensor bevorzugt mit einer zweigeteilten Bodenelektrode zu versehen, wobei die zweite Elektrode die erste Elektrode weitgehend umschließt. Indem die zweite Elektrode die erste Elektrode weitgehend umschließt und auf dasselbe elektrische Potential gelegt ist, wird erreicht, daß das zwischen der Membranelektrode und der ersten Elektrode des kapazitiven Drucksensors vorhandene elektrische Feld bzw. Meßfeld ggü. elektrischen Störfeldern, die einen mikromechanischen Drucksensor umgeben können, weitgehend abgeschirmt ist. Hierdurch wird eine Störung des elektrischen Feldes bzw. Meßfeldes zwischen den beiden Elektroden des erfindungsgemäßen kapazitiven Drucksensors und damit eine Beeinflussung der zu erfassenden Kapazität als Maß für den Absolutdruck weitgehend unterdrückt.

[0007] Ein weiterer wichtiger Aspekt der Erfindung besteht darin, die in der Membran des mikromechanischen Drucksensors vorgesehene Elektrode bevorzugt so auszugestalten, daß die Membranelektrode eine Grundfläche aufweist, die der Grundfläche der Bodenelektrode zumindest entspricht. Hierdurch kann bevorzugt ein homogener Feldverlauf zwischen der Membranelektrode und der Bodenelektrode des Drucksensors erreicht werden.

[0008] Ein anderer wichtiger Aspekt der Erfindung besteht darin, die Oberfläche des Halbleiterbauelements bzw. des mikromechanischen Drucksensors vorzugsweise mit einer feuchtigkeitundurchlässigen bzw. feuchtigkeitsabweis-

senden Schicht zu versehen. Bei der feuchtigkeitundurchlässigen Schicht handelt es sich bevorzugt um eine Schicht, die Silizium-Oxid und Silizium-Nitrid aufweist. Vorzugsweise weist die feuchtigkeitundurchlässige Schicht zum Halbleiterbauelement bzw. zum Drucksensor hin einen hohen Siliziumoxid-Anteil auf, der zur Oberfläche des Halbleiterbauelements bzw. mikromechanischen Drucksensors hin zugunsten eines steigenden Siliziumnitrid-Anteils abnimmt. Die erfindungsgemäße feuchtigkeitundurchlässige Schicht weist also im Bereich einer angrenzenden Halbleiterschicht einen hohen Siliziumoxid-Anteil auf, der eine gute Haftung der feuchtigkeitundurchlässigen Schicht auf der darunter befindlichen Schicht ermöglicht, und einen hohen Siliziumnitrid-Anteil an der Oberfläche der feuchtigkeitundurchlässigen Schicht bzw. an der Oberfläche des Drucksensors auf, der weitgehend verhindert, daß Feuchtigkeit in die feuchtigkeitundurchlässige Schicht bzw. in das Halbleiterelement bzw. den mikromechanischen Drucksensor eindringen kann.

[0009] Schließlich besteht ein weiterer wesentlicher Aspekt der Erfindung darin, einen Hohlraum in dem erfindungsgemäßen Halbleiterbauelement bzw. im mikromechanischen Drucksensor mittels Ätzöffnungen zu erzeugen, die nach der Herstellung des Hohlraums in besonderer, bevorzugter Weise von einer Verschlussschicht abgedeckt werden. Die bevorzugte Verschlussschicht ist derart gestaltet, daß sie weitgehend lediglich den Hohlraum abschließt, ohne in die Ätzöffnungen zu gelangen bzw. ohne diese ganz oder teilweise zu füllen. Hieran ist insbesondere von Vorteil, daß die Ätzöffnungen nicht mit einem Material ganz oder teilweise verfüllt werden, dessen Ausdehnungskoeffizient sich von dem Ausdehnungskoeffizienten des Materials unterscheidet, in dem die Ätzöffnungen gebildet sind. Bei der bekannten Lösung sind die Ätzöffnungen hingegen verfüllt. Bei häufigen und zudem sehr drastischen Temperaturwechseln, dem Drucksensoren typischerweise ausgesetzt sind, kann es aufgrund der unterschiedlichen Ausdehnungskoeffizienten zu Spannungsrissen in der Membran des bekannten Drucksensors und damit zu dessen Beschädigung kommen.

## Zeichnungen

[0010] Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispiels unter Verwendung von schematischen, nicht notwendigerweise maßstäblichen Zeichnungen näher erläutert, wobei gleiche Bezugszeichen gleiche oder gleichwirkende Schichten oder Teile bezeichnen. Es zeigt: [0011] Fig. 1 den Schichtaufbau bzw. Querschnitt eines bekannten Absolutdrucksensors; und

[0012] Fig. 2 den Schichtaufbau bzw. Querschnitt eines erfindungsgemäßen Absolutdrucksensors.

[0013] Der in Fig. 1 dargestellte bekannte Absolutdrucksensor weist ein Siliziumsubstrat 1 sowie einen in dem Siliziumsubstrat 1 vorgesehenen elektrisch leitfähigen Bereich 2 auf. Der leitfähige Bereich 2 bildet die Bodenelektrode des in Fig. 1 dargestellten kapazitiven Drucksensors. Über dem Substrat 1 und dem leitfähigen Bereich 2 ist eine Hilfsschicht 3 angeordnet. Auf der Hilfsschicht 3 ist eine Membranschicht 5 aufgebracht, die Aussparungen 6 aufweist. Über die Aussparungen 6 wird die Hilfsschicht 3 derart gegätzt, daß ein Hohlraum 4 in der Hilfsschicht 3 entsteht. Nach der Herstellung des Hohlraums 4 werden die Aussparungen 6 mit einer Verschlussschicht 7 vollständig verschlossen. Auf der Verschlussschicht 7 sind Schichten 8 und 9 aufgebracht worden. Die Membranschicht 5 ist elektrisch leitend bzw. weist einen elektrisch leitenden Anteil auf. Der leitende Anteil oder die Membranschicht 5 bildet die Membranelektrode des bekannten kapazitiven Drucksensors der

Fig. 1.

[0014] Die Verschlussschicht 7 und die weiteren Schichten 8 und 9 sind mit einem in Draufsicht kreisförmigen Graben 11 versehen, wobei der Graben bzw. die Öffnung 11 nach unten hin durch die Membranschicht 5 begrenzt ist. Durch die Wahl der Abmessungen des Grabens 11 und die Wahl der Dicke der Schichten 7, 8 und 9 läßt sich die Auslenkung der Membranelektrode bzw. Membranschicht 5 als Funktion des äußeren Druck einstellen.

[0015] Der in Fig. 2 im Querschnitt dargestellte erfindungsgemäße Absolutdrucksensor 200 weist ein Substrat 201, insbesondere ein Siliziumsubstrat, auf. An der Oberseite des Substrats 201 ist eine Bodenelektrode 202 vorgesehen. In der Draufsicht weist die Bodenelektrode 202 bei dem in Fig. 2 dargestellten Ausführungsbeispiel eine weitgehend kreisförmige Form auf, wie im unteren Teil der Fig. 2 aus Platzgründen durch eine halbe Ellipse dargestellt. Die Bodenelektrode 202 ist erfindungsgemäß von einer Abschirmelektrode 203 weitgehend umschlossen, wie im unteren Teil der Fig. 2 aus Platzgründen ebenfalls durch eine halbe Ellipse dargestellt. Erfindungsgemäß wird sowohl die Bodenelektrode 202 als auch die Abschirmelektrode 203, die beide elektrisch leitfähig sind, auf dasselbe elektrische Potential gelegt, wenn der erfindungsgemäße Absolutdrucksensor 200 betrieben wird.

[0016] Zur Herstellung der Bodenelektrode 202 und der die Bodenelektrode 202 weitgehend umschließenden Abschirmelektrode 203 wird die Oberseite des Siliziumsubstrats 201 bevorzugt mit einer n<sup>+</sup>-Dotierung zur Herstellung eines ausreichend elektrisch leitfähigen Bereiches dotiert. Auf die Oberseite des Substrats 201 sowie auf der Bodenelektrode 202 und der Abschirmelektrode 203 wird erfindungsgemäß eine sogenannte Feldoxid-Schicht 204 aufgebracht. Unter dem Begriff der Feldoxid-Schicht soll eine Silizium-Oxidschicht verstanden werden, die für die Herstellung von Feldeffekttransistoren bzw. FETs optimiert ist. Die Feldoxid-Schicht 204 kann beispielsweise gebildet werden, indem das Siliziumsubstrat 201, in dem die dotierten Bereiche der Bodenelektrode 202 und der Abschirmelektrode 203 vorgesehen sind, unter Sauerstoffzufuhr getempert wird. Bei bevorzugten Temperaturen im Bereich von etwa 1100°C bildet sich auf dem Siliziumsubstrat 201 eine Silizium-Oxidschicht bzw. die sogenannte Feldoxid-Schicht 204.

[0017] Auf der Feldoxid-Schicht 204 wird in herkömmlicher Weise eine polykristalline Siliziumschicht bzw. Poly-Siliziumschicht 205 abgeschieden. Zur Herstellung eines Hohlraums 208 in der Feldoxid-Schicht 204 bzw. zwischen der Bodenelektrode 202 und der Abschirmelektrode 203 einerseits und der Poly-Siliziumschicht 205 andererseits, werden in der Poly-Siliziumschicht 205 Ätzöffnungen 207 freigeätzt. Über diese Ätzöffnungen 207 wird in bekannter Weise flußsäurehaltiger Dampf während eines Gasphasenätzprozesses an und nachfolgend unter die Poly-Siliziumschicht 205 geführt, wodurch der Hohlraum 208 gebildet wird. Vor oder nach dem Ätzvorgang wird in der Poly-Siliziumschicht 205 eine Membranelektrode 206 gebildet. Die elektrisch leitende Membranelektrode 206 wird bevorzugt durch eine Dotierung, vorzugsweise eine Phosphor- oder Bordotierung, der Poly-Siliziumschicht 205 erzeugt.

[0018] Bei der in Fig. 2 dargestellten Ausführungsform erstreckt sich die Membranelektrode 206 lediglich über einen Zentralbereich der Poly-Siliziumschicht 205. Bei einer anderen, bevorzugten Ausführungsform der Erfindung (nicht dargestellt) ist eine Membranelektrode vorgesehen, deren Ausdehnung im wesentlichen der Ausdehnung der Bodenelektrode 202 und/oder der Gesamtfläche entspricht, die durch die Bodenelektrode 202 und die Abschirmelektrode 203 gebildet ist. Im Unterschied zu der in Fig. 2 darge-

stellten Ausführungsform, erstreckt sich also die Membranelektrode über einen größeren Bereich der Poly-Siliziumschicht 205 als dies in Fig. 2 dargestellt ist.

[0019] Ein weiterer bevorzugter Aspekt der Erfindung besteht nun darin, die Ätzöffnungen 207 derart mit einer Verschlussschicht 209 zu verschließen, daß die Verschlussschicht 209 die Ätzöffnungen 207 weitgehend nicht auffüllt und/oder nicht "verfüllt". Erfindungsgemäß wird die Verschlussschicht 209 durch mit Bor- und/oder Phosphor dotiertes Silizium-Oxid gebildet, wobei die Silizium-Oxidschicht vorzugsweise im Bereich von etwa 800°C aufgebracht wird. In diesem Temperaturbereich läßt sich eine gut planarisierende Silizium-Oxidschicht abscheiden, die die Ätzöffnungen 207 weitgehend abdeckt und nicht ausfüllt. Bei einer alternativen Ausführungsform der Erfindung wird die Verschlussschicht 209 durch eine Silizium-Nitridschicht, durch Borphosphorsilikatglas (BPSG) oder durch eine Oxinitridschicht gebildet.

[0020] Auf der Verschlussschicht 209 und der Poly-Siliziumschicht 205 wird eine erste TEOS-Schicht 210 und auf dieser eine zweite TEOS-Schicht 210 abgeschieden. Unter einer TEOS-Schicht wird eine unter Verwendung von Tetraethylorthosilikat erzeugte Silizium-Oxidschicht verstanden.

[0021] Zur Einstellung der gewünschten Biegesteifigkeit der Membran des erfindungsgemäßen Absolutdrucksensors 200 wird ein ringförmiger Ätzgraben 211 gebildet, der die TEOS-Schichten 210 durchdringt und dessen Unterseite auf der Oberseite der Poly-Siliziumschicht 205 endet. Ein weiterer wesentlicher Aspekt der Erfindung besteht nun bevorzugt darin, die Oberseite des erfindungsgemäßen Drucksensors 200 mit einer sogenannten Oxinitrid-Schicht 212 abzudecken, wobei die Oxinitrid-Schicht 212 die Oberseite der obersten TEOS-Schicht 210 und den ringförmigen Ätzgraben 211 gegen ansonsten eindringende Feuchtigkeit abschirmt, der der Drucksensor 200 in der Praxis üblicherweise ausgesetzt ist.

[0022] Zur Herstellung der in Fig. 2 dargestellten Oxinitrid-Schicht 212 wird zunächst eine gut auf der TEOS-Schicht 210 haftende Silizium-Oxidschicht abgeschieden. Während der Abscheidung der Silizium-Oxidschicht wird der Siliziumnitrid-Anteil in der Oxinitrid-Schicht 212 erhöht. D. h. die aus Siliziumnitrid und Siliziumoxid bestehende Oxinitrid-Schicht 212 weist auf ihrer der obersten TEOS-Schicht 210 zugewandten Seite einen hohen Siliziumoxid-Anteil und einen geringen Siliziumnitrid-Anteil auf. Mit zunehmendem Abstand zur obersten TEOS-Schicht 210 sinkt der Siliziumoxid-Anteil, während der Siliziumnitrid-Anteil steigt. Bevorzugt ist der Siliziumnitrid-Anteil an der Oberseite der Oxinitrid-Schicht 212 maximal während der Siliziumoxid-Anteil dort minimal ist.

[0023] Durch die erfindungsgemäße Verwendung einer solchen Oxinitrid-Schicht 212 als Deckschicht für den Absolutdrucksensor 200 wird erreicht, daß diese aufgrund des hohen Siliziumoxid-Anteils im Bereich der obersten TEOS-Schicht 210 sehr gut auf der TEOS-Schicht haftet und aufgrund des hohen Siliziumnitrid-Anteils im Bereich der Oberseite des Absolutdrucksensors eine sehr gute Barriere gegen ein Eindringen von Feuchtigkeit bildet.

#### Bezugszeichenliste

- 1 Substrat
- 2 leitfähiger Bereich
- 3 Hilfsschicht
- 4 Hohlraum
- 5 Membranschicht
- 6 Aussparungen
- 7 Verschlussschicht

8 weitere Schicht  
 9 weitere Schicht  
 10 Membran  
 11 Öffnung  
 17 Membranbereich der Verschußschicht 7 sowie der weiteren Schichten 8 und 9  
 18 Membranbereich der Verschußschicht 7 sowie der weiteren Schichten 8 und 9  
 19 Membranbereich der Verschußschicht 7 sowie der weiteren Schichten 8 und 9  
 200 erfindungsgemäßer Drucksensor im Querschnitt  
 201 Substrat  
 202 Bodenelektrode  
 203 Abschirmelektrode  
 204 Feldoxid-Schicht  
 205 Polysilizium  
 206 Membranelektrode  
 207 Ätzöffnung  
 208 Hohlraum  
 209 Verschußschicht  
 210 TEOS-Schicht  
 211 ringförmiger Ätzgraben  
 212 Oxinitrid-Schicht

## Patentansprüche

1. Halbleiterbauelement, insbesondere ein aus Halbleiterschichten gebildeter, mikromechanischer Drucksensor (200), mit einer Membran, die eine Elektrode, d. h. eine Membranelektrode (206), aufweist; einem unter der Membran befindlichen Hohlraum (208); einer unter der Membran befindlichen Bodenelektrode (202, 203),  
**dadurch gekennzeichnet,**  
 daß die Bodenelektrode aus mindestens einer ersten und einer zweiten Elektrode (202, 203) besteht, wobei die zweite Elektrode (203) die erste Elektrode (202) weitgehend umschließt.
2. Halbleiterbauelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens die erste und die zweite Elektrode (202, 203) an dasselbe elektrische Potential gelegt ist.
3. Halbleiterbauelement nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Membranelektrode (206) weitgehend parallel höhenversetzt zur ersten Elektrode (202) und/oder zur zweiten Elektrode (203) verläuft und vorzugsweise weitgehend die gleiche Grundfläche oder eine größere Grundfläche als die erste Elektrode (202) aufweist.
4. Halbleiterbauelement nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Membranelektrode (206) derart gestaltet ist, daß sie sich zumindest über den Hohlraum (208) hinweg erstreckt.
5. Halbleiterbauelement, insbesondere ein aus Halbleiterschichten gebildeter, mikromechanischer Drucksensor (200), mit einer Membran, die eine Elektrode, d. h. eine Membranelektrode (206), aufweist; einem unter der Membran befindlichen Hohlraum (208); einer unter der Membran befindlichen Bodenelektrode (202, 203),  
**dadurch gekennzeichnet,**  
 daß mindestens die Membran, vorzugsweise die gesamte membranseitige Oberfläche des Halbleiterbauelements (200), mit einer feuchtigkeitsundurchlässigen

- Schicht (212) beschichtet ist.  
 6. Halbleiterbauelement nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die feuchtigkeitsundurchlässige Schicht (212) Silizium-Oxid und Silizium-Nitrid aufweist, wobei der Silizium-Nitrid-Anteil der Schicht zur Oberseite des Halbleiterbauelements hin zunimmt.  
 7. Halbleiterbauelement, insbesondere ein aus Halbleiterschichten gebildeter, mikromechanischer Drucksensor (200), mit einer Membran, die eine Elektrode, d. h. eine Membranelektrode (206), aufweist; einem unter der Membran befindlichen Hohlraum (208); einer unter der Membran befindlichen Bodenelektrode (202, 203),  
**gekennzeichnet durch**  
 Ätzöffnungen (207), die derart von einer Verschußschicht (209) abgedeckt sind, daß die Ätzöffnungen einen Teil des Hohlraums (208) bilden, wobei die Ätzöffnungen (207) vorzugsweise von der Verschußschicht (209) nicht oder nicht vollständig ausgefüllt sind.  
 8. Halbleiterbauelement, insbesondere ein aus Halbleiterschichten gebildeter, mikromechanischer Drucksensor (200), gekennzeichnet durch die Merkmale der Ansprüche 1 oder 2 oder 3 oder 4 und/oder die Merkmale der Ansprüche 5 oder 6 und/oder die Merkmale des Anspruchs 7.  
 9. Verfahren bei dem ein Halbleiterbauelement, insbesondere ein aus Halbleiterschichten gebildeter, mikromechanischer Drucksensor (200), nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 8 hergestellt wird.

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

---

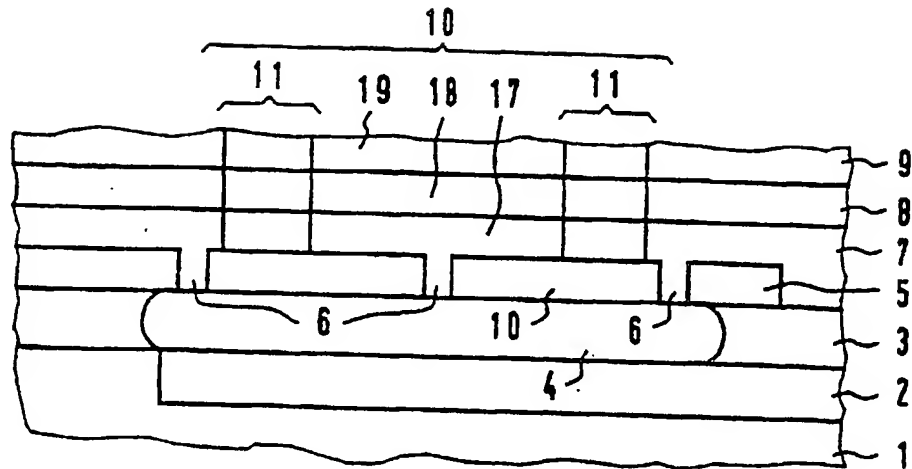
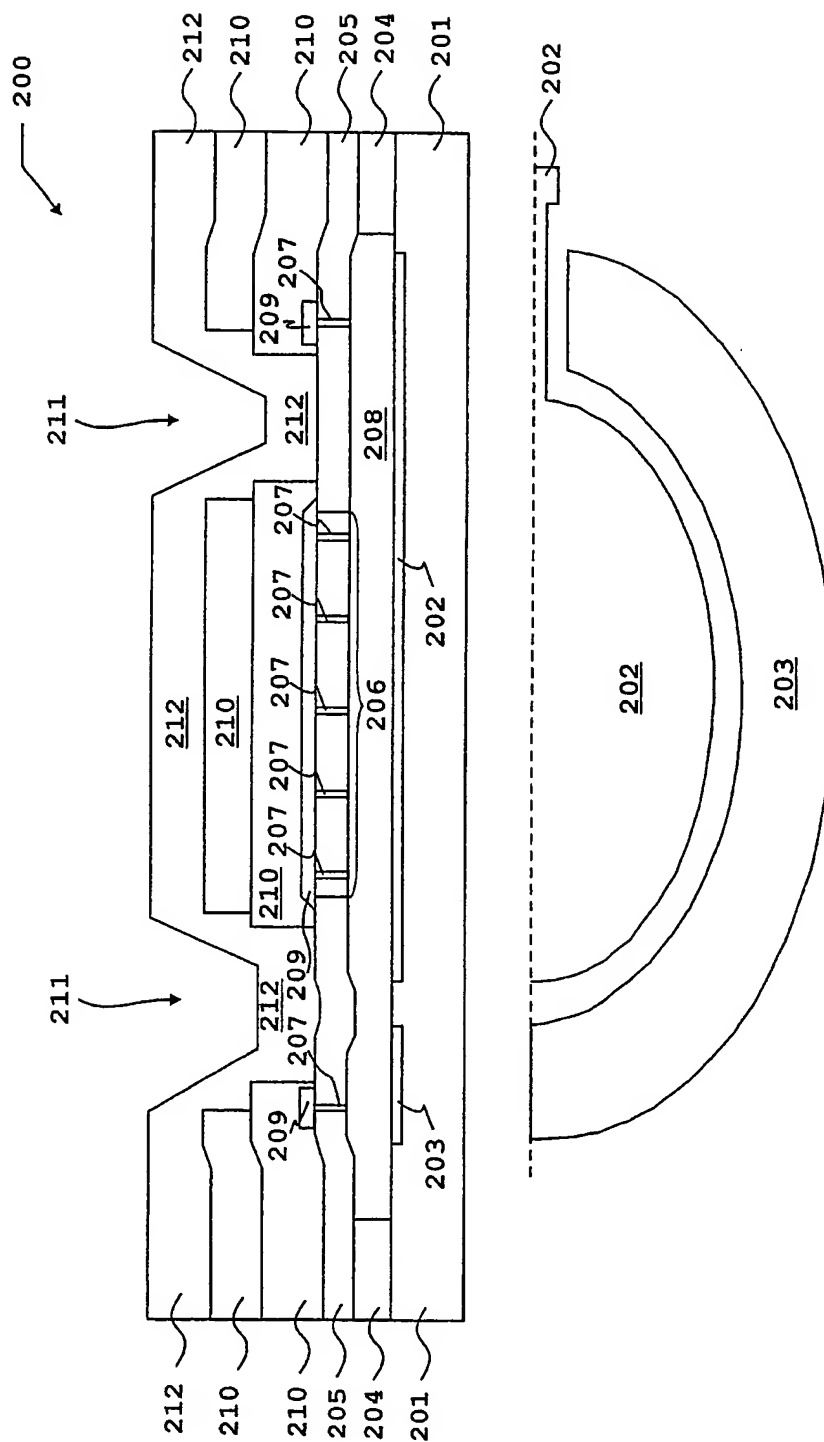


FIG. 1 (Stand der Technik)



**FIG. 2**